

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

IDS

#3

(11)Publication number : 08-111559  
 (43)Date of publication of application : 30.04.1996

(51)Int.CI.

H01S 3/18

(21)Application number : 06-243683

(71)Applicant : HITACHI LTD

(22)Date of filing : 07.10.1994

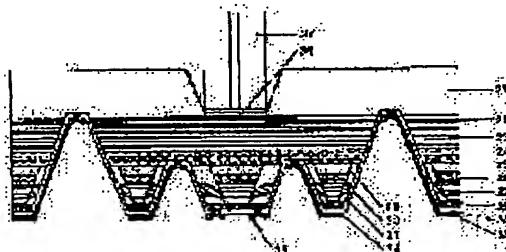
(72)Inventor : SHISHIKURA MASATO  
 NAKAMURA HITOSHI  
 TSUJI SHINJI  
 HANATANI SHOICHI  
 TANAKA SHIGEHISA

## (54) SEMICONDUCTOR LIGHT EMITTING/RECEIVING ELEMENT AND DEVICE

## (57)Abstract:

PURPOSE: To provide a compact bidirectional semiconductor light emitting/ receiving element and a device, which are suitable for expansion of an information service network, at low cost.

CONSTITUTION: The title semiconductor light emitting/receiving element is a surface-mounting type element, a light-absorbing layer 22, to be used to detect a signal light, and an active layer 2, to be used to emit a signal light, are provided thereon, and the above-mentioned layers are laminated or integrated. Also, a circular groove, to be used to fix optical fiber 27, is formed on the P-InP substrate 21 located on an active layer, and a signal light of long wavelength is transmitted from a transmitting/receiving wavelength band. If the surface-mounting type semiconductor light emitting/receiving element and its device are used, a compact bidirectional light-transmitting/receiving module can be manufactured at low cost.



(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平8-111559

(43)公開日 平成8年(1996)4月30日

(51)Int.Cl.<sup>8</sup>

識別記号 庁内整理番号

F I

技術表示箇所

H 01 S 3/18

審査請求 未請求 請求項の数18 O.L (全7頁)

(21)出願番号 特願平6-243683

(71)出願人 000005108

株式会社日立製作所

東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地

(22)出願日 平成6年(1994)10月7日

(72)発明者 宮倉 正人

東京都国分寺市東恋ヶ窪1丁目280番地

株式会社日立製作所中央研究所内

(72)発明者 中村 均

東京都国分寺市東恋ヶ窪1丁目280番地

株式会社日立製作所中央研究所内

(72)発明者 辻 伸二

東京都国分寺市東恋ヶ窪1丁目280番地

株式会社日立製作所中央研究所内

(74)代理人 弁理士 小川 勝男

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 半導体発受光素子及び装置

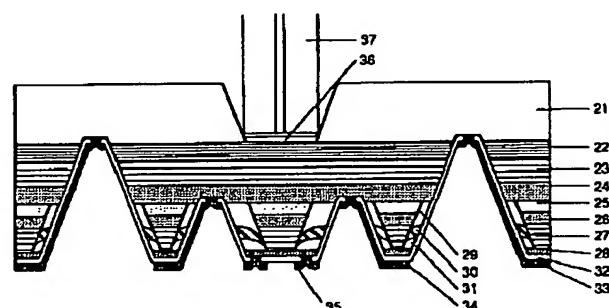
(57)【要約】

【目的】 情報サービス網の拡充に向け、コンパクトでしかも低コストな双方向半導体発受光素子および装置を提供する。

【構成】 面型の素子で、信号光を検出するための光吸収層22と信号光を発するための活性層25有し、しかもそれらが積層あるいは一体化されている。また、光ファイバ27を固定するための円形の溝が能動層上のp-InP基板21形成され、送受信波長帯より長波長の信号光は透過する。

【効果】 本発明の面型半導体発受光素子およびその装置を用いれば、コンパクトでしかも低コストな双方向光送受信モジュールを作製することができる。

図2



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】信号光の入出射方向が基板面内垂直方向で、上下に配置された半導体あるいは誘電体で構成された反射鏡構造の間に発光機能と受光機能を同時に有する半導体層からなる面型発受光素子において、外部信号光入射側の反射鏡構造の反射率を制御する手段を有することを特徴とする半導体発受光素子。

【請求項2】請求項1記載の面型発受光素子において、外部から電流を注入することにより、反射鏡構造の反射率を制御することを特徴とする半導体発受光素子。

【請求項3】信号光の入出射方向が基板面内垂直方向で、上下に配置された半導体あるいは誘電体で構成された反射鏡構造の間に発光機能を有する半導体層と、上下に配置された反射鏡構造の外側であり、外部信号光入射側に受光機能を有する半導体層からなる面型発受光素子において、該受光機能を有する半導体層の光吸収効率を制御する手段を有することを特徴とする半導体発受光素子。

【請求項4】請求項3記載の面型発受光素子において、外部から電圧を印加することにより、受光機能を有する半導体層である光吸収層の吸収効率を制御することを特徴とする半導体発受光素子。

【請求項5】請求項1～4のいずれかに記載の半導体発受光素子において、上記発光機能を有する半導体層からの発光光をモニタするための受光部を、外部からの信号光を受光する半導体層とは別に設け、これを上下に配置された反射鏡構造の外側であり、外部信号光入射側とは反対側に配置することを特徴とする半導体発受光素子。

【請求項6】請求項1～5のいずれかに記載の半導体発受光素子において、光ファイバを固定する手段を有することを特徴とする半導体発受光素子。

【請求項7】請求項6記載の半導体発受光素子において、上記半導体発受光素子が形成された半導体基板に光ファイバを固定するための円形の溝を有し、その溝が発光機能を有する半導体層からの出射光上に形成されていることを特徴とする半導体発受光素子。

【請求項8】請求項7記載の半導体発受光素子において、発光領域または受光領域のメサ直径が、信号光を入出射するための光ファイバの直径と同等あるいはそれよりも小さいことを特徴とする半導体発受光素子。

【請求項9】請求項1～8のいずれかに記載の半導体発受光素子において、発光機能を有する半導体層で発光する波長と、受光機能を有する半導体層で受光する波長が同一波長帯であることを特徴とする半導体発受光素子。

【請求項10】請求項9記載の半導体発受光素子において、発光波長帯および受光波長帯よりも長波長帯の信号光が、該半導体発受光素子を透過することを特徴とする半導体発受光素子。

【請求項11】請求項10記載の半導体発受光素子において、該半導体発受光素子の発振波長帯および受信波長

帯が1.3μm帯であり、1.55μm帯の信号光は該半導体発受光素子を透過することを特徴とする半導体発受光素子。

【請求項12】請求項1～11のいずれかに記載の半導体発受光素子において、該半導体発受光素子の半導体部が $In_xAl_yGa_zAs_2P_2$ 系 ( $0 \leq x \leq 1, 0 \leq y \leq 1, 0 \leq z \leq 1$ ) の化合物半導体で構成されることを特徴とする半導体発受光素子。

【請求項13】請求項1～12のいずれかに記載の半導体発受光素子において、該半導体発受光素子の片側の同一面側のみに、少なくとも1組の電圧印加または信号入出力のための電極構造を有することを特徴とする半導体発受光素子。

【請求項14】請求項13記載の半導体発受光素子において、該半導体発受光素子の信号光の入出射面とは反対側の同一面のみに、少なくとも1組の電圧印加または信号入出力のための電極構造を有することを特徴とする半導体発受光素子。

【請求項15】信号光の入出射方向が基板面内垂直方向で、上下に配置された半導体あるいは誘電体で構成された反射鏡構造の間に発光機能と受光機能を同時に有する半導体層からなる素子であって、外部信号光入射側の反射鏡構造の反射率を制御する手段を有する半導体発受光素子を複数アレー状またはマトリックス状に配置することを特徴とする半導体発受光装置。

【請求項16】請求項15記載の半導体発受光装置において、該半導体発受光素子と同一基板上に電子デバイスをモノリシックに集積化することを特徴とする半導体発受光装置。

【請求項17】請求項16記載の半導体発受光装置において、主に電子デバイスからなる集積回路基板上に、該半導体発受光素子をハイブリッドに集積化することを特徴とする半導体発受光装置。

【請求項18】請求項17記載の半導体発受光装置において、主に電子デバイスからなる集積回路基板として、主にSiで構成される集積回路基板を用いることを特徴とする半導体発受光装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】本発明は光通信分野、特に光加入者系、光インタコネクション等に用いられる半導体発受光素子および半導体発受光装置に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】近年の情報産業の発展と情報サービスへのニーズの進展から、一般家庭への情報サービスの拡充を図るため、加入者系の全光化を目指した光加入者系システムの開発が進められている。このシステムで用いられる光送受信モジュールは、対象が一般家庭であることからコンパクトで低価格であることが望まれる。

【0003】現在、経済上の観点から、光加入者系シス

テムの一つとして、波長1.3μm帯を用いた時分割双方向多重通信と映像分配サービスを行う波長1.5μm帯光信号が波長多重されるシステムが挙げられる。これには1.3μm一芯双方向光送受信機能とともに、1.3/1.5μm波長多重合分波機能を兼ね備えた光送受信モジュールが必要である。

【0004】従来、上記1.3/1.5μm波長多重合分波機能等を有する光回路には、光ファイバを部品として用いていた。光ファイバを部品で構成する光回路は光ファイバの曲げ半径による制限からモジュールを小型化することは困難であった。そこで、IEEE Photonics Technology Letter, Vol. 4, No. 6, p660(1992)記載の光送受信モジュールでは、低損失で再現性、耐環境性に優れ、光ファイバとも整合性の良い石英系光波回路を用いている。石英系光波回路は、光ファイバ部品を用いるよりも小型でかつ生産性に優れたものである。また、この石英系光波回路に半導体発光素子および受光素子を端面ハイブリッド実装することにより、光送受信モジュールを作製している。

#### 【0005】

【発明が解決しようとする課題】上記従来技術では、1.3/1.5μm分波器や1.3μm3dB結合器等の光波回路として、石英系の光導波路を採用している。この石英系導波路基板は、光ファイバで構成するよりも小型であるが、幅3mm、長さ26mmと依然大きい。この基板は、光送受信モジュールのほぼ半分の大きさを占めており、経済性の観点から更なる小型化が必要である。

【0006】また、送信器である半導体レーザと受信器であるフォトダイオードを端面ハイブリッド実装している。この手法は3次元の位置あわせが必要であり、時間も掛かり、また部品点数も多いので、材料および実装にかかるコストを低減することは困難である。

【0007】本発明の目的は、光波回路の小型化を図ると同時に、部品点数および位置あわせ等の実装コストを低減し、経済性に優れた低成本の光送受信モジュールを提供することである。

#### 【0008】

【課題を解決するための手段】本発明では、上記課題を解決するために、信号光の入出射方向が基板面内垂直方向で、上下に配置された半導体あるいは誘電体で構成された反射鏡構造の間に発光機能と受光機能を同時に有する半導体層からなる面型発受光素子において、外部信号光入射側の反射鏡構造の反射率を、反射鏡に電流等を注入することによって制御する。

【0009】また、信号光の入出射方向が基板面内垂直方向で、上下に配置された半導体あるいは誘電体で構成された反射鏡構造の間に発光機能を有する半導体層と、上下に配置された反射鏡構造の外側であり、外部信号光

入射側に受光機能を有する半導体層からなる面型発受光素子において、受光機能を有する半導体層に電圧を印加する等の方法を用いて光吸収効率を制御する。

【0010】上記2つの発光機能と受光機能を一体化した面型半導体発受光素子において、以下の手段を組み合わせる。上記半導体発受光素子の発光領域からの発光光をモニタする受光部を反射鏡構造の外側でかつ外部からの信号光入射側とは反対側に配置する。発光部からの出射光上の半導体基板に円形の溝等の光ファイバを固定する手段を有する。発光領域または受光領域のメサ直径が光ファイバの直径と同等あるいはそれ以下にする。発光領域の発光波長と受光領域の受光波長が1.3μm帯等の同一波長帯であり、それよりも長波長帯の1.55μm帯等の信号光は透過する。半導体部をIn<sub>x</sub>Al<sub>1-x</sub>Ga<sub>y</sub>A<sub>1-y</sub>P<sub>z</sub>系(0≤x≤1, 0≤y≤1, 0≤z≤1)半導体で構成する。片側の同一面、特に信号光の入出射面とは反対側の同一面に、電圧印加あるいは信号入出力用の電極構造を設ける。

【0011】上記手段を組み合わせた半導体発受光素子をアレー状またはマトリックス状に配置する。また、それらあるいは単体の半導体発受光素子の同一基板上に電子デバイスをモノリシックに、あるいは電子デバイスを集積化した集積回路基板、特に主にSiで構成された集積回路基板上にハイブリッドに集積化する。

#### 【0012】

【作用】低成本光モジュールの実現には、1.3/1.55μm分波器や1.3μm結合器等から構成される光回路部をコンパクトにすること、部品点数を少なくすること、実装を簡便にすること等が挙げられる。

【0013】本発明の面型半導体発受光素子では、電流注入等による反射鏡の反射率を制御し、受光領域のバンドギャップを受光波長と同程度とすることにより、安定な発光と受光感度の向上が図れ、しかも受光波長よりも長波長の信号光を透過することができる。また、多重量子井戸構造等で構成された受光領域に電圧を印加することで吸収端波長近傍の吸収効率を制御することができるので、送信時には透明化し、受信時には電圧印加により信号光を吸収し、しかも受信波長よりも長波長の信号光を透過することができる。さらに送信光の変調が受光領域の電圧変調によつても可能となる。したがって、1.3μm結合器や1.3/1.55μm分波器等の光回路基板が不用となり、部品点数が少なく、実装も簡便となるので、コンパクトなしかも低成本な光送受信モジュールを構成することが可能となる。また、発光領域からの光出力をモニタするための受光部を半導体発受光素子に一体化することにより、部品点数および実装コストの低減を図ることができる。

【0014】さらに、片側の同一面上に電極を配置することによりワイヤが不用なフリップチップ実装が可能となり、また、基板に円形の溝を設けることにより差し込

むだけで光ファイバを固定することができるので、実装を容易にすることができます。

**【0015】In<sub>1-x</sub>A<sub>x</sub>Ga<sub>y</sub>As<sub>1-y</sub>P<sub>x</sub>系の化合物**

物半導体で構成することにより、高性能な1.3μm帯の半導体レーザとフォトダイオードを構成することができる、1.55μm帯の信号光に対して透明にすることが可能となる。

**【0016】**また、電子デバイスをモノリシックもしくはハイブリッドに集積化することにより、光送受信モジュールをコンパクトにしかも低コストに作製することが可能となる。特に、高性能で低成本なSi系材料を用いて集積回路を構成することにより、より一層の低成本化が可能となる。

**【0017】**また、アレー状またはマトリックス状に本素子を配置することにより、低成本な光インタコネクション用等の光送受信モジュールの作製が可能である。

**【0018】**

【実施例】以下に本発明を実施例により説明する。

**【0019】実施例1**

図1はIn<sub>1-x</sub>Ga<sub>x</sub>As<sub>1-y</sub>P<sub>y</sub>(0≤x≤1, 0≤y≤1)系化合物半導体を用いた本発明の一実施例の断面構造図である。p-InP基板1上に有機金属気相成長法により、n-InP/InGaAsP上部多層反射鏡2を20周期、n-InP上部クラッド層3を0.63μm、歪を加えたInGaAsP層を井戸層とした歪InGaAsP/InGaAsP(λg=1.15μm)多重量子井戸活性層4を2.5周期、p-InP下部クラッド層5を0.63μm、p-InP/InGaAsP下部多層反射鏡6を25周期、順次積層した。ここで、上部多層反射鏡2および下部多層反射鏡6はInP、InGaAsP(λg=1.2μm)をそれぞれ光学膜厚である104.2nm、96.2nmとした。多重量子井戸活性層4の井戸層は圧縮歪を加えたInGaAsPを5nm、障壁層であるInGaAsP(λg=1.15μm)を10nmとした。この多重量子井戸活性層4は面発光レーザの活性層であり、かつフォトダイオードの光吸收層である。エッティングにより上記多層構造にメサ構造を形成し、再び有機金属気相成長法により、電流狭窄構造であるp-InP8、n-InP9、p-InP10の各層を埋込成長した。その後、p-InGaAsP(λg=1.2μm)コンタクト層7で平坦化を行った。n型コンタクトおよび上部多層反射鏡2に電流を注入するp型コンタクト形成のためのメサエッティングを行い、SiO<sub>2</sub>11を形成し、真空蒸着によりp型電極12、n型電極13、p型電極14を形成した。最後に、光ファイバ16を固定するための円形の溝を能動層上のp-InP基板1形成し、反射防止膜15を形成した。

**【0020】**本実施例の半導体発受光素子のサイズは500μm×500μmである。本素子の発振波長は1.3μmであり、しきい値電流は5mA程度であった。ま

た、1.3μm光に対する受光感度は、p型電極12とn型電極13を用いて上部多層反射鏡2に電流注入することにより反射率を低下させることで、量子効率約50%を得た。1.55μm光の透過ロスは1dB程度であった。したがって、素子のサイズは500μm×500μmとコンパクトでかつ低成本な光送受信素子を作製することができた。また、構成元素にAlを含んだIn<sub>1-x</sub>A<sub>x</sub>Ga<sub>y</sub>As<sub>1-y</sub>P<sub>x</sub>系の化合物半導体を用いても同様の効果が得られる。

**【0021】実施例2**

図2はIn<sub>1-x</sub>Ga<sub>x</sub>As<sub>1-y</sub>P<sub>y</sub>(0≤x≤1, 0≤y≤1)系化合物半導体を用いた本発明の一実施例の断面構造図である。p-InP基板21上に有機金属気相成長法により、アンドープInP/InGaAsP多重量子井戸光吸收層22を50周期、n-InP/InGaAsP上部多層反射鏡23を20周期、n-InP上部クラッド層24を0.63μm、歪を加えたInGaAsP層を井戸層とした歪InGaAsP/InGaAsP(λg=1.15μm)多重量子井戸活性層25を2.5周期、p-InP下部クラッド層26を0.63μm、p-InP/InGaAsP下部多層反射鏡27を25周期、順次積層した。ここで、多重量子井戸光吸收層22はInP障壁層を5nm、InGaAsP井戸層5nmで構成され、上部多層反射鏡23および下部多層反射鏡27はInP、InGaAsP(λg=1.2μm)をそれぞれ光学膜厚である104.2nm、96.2nmとした。多重量子井戸活性層25の井戸層は圧縮歪を加えたInGaAsPを5nm、障壁層であるInGaAsP(λg=1.15μm)を10nmとした。

エッティングにより上記多層構造にメサ構造を形成し、再び有機金属気相成長法により、電流狭窄構造であるp-InP29、n-InP30、p-InP31の各層を埋込成長した。その後、p-InGaAsP(λg=1.2μm)コンタクト層28で平坦化を行った。n型コンタクトおよび多重量子井戸光吸收層22に電界を印加するp型コンタクト形成のためのメサエッティングを行い、SiO<sub>2</sub>32を形成し、真空蒸着によりp型電極33、n型電極34、p型電極35を形成した。最後に、光ファイバ37を固定するための円形の溝を能動層上のp-InP基板21形成し、反射防止膜36を形成した。

**【0022】**本実施例の半導体発受光素子のサイズは500μm×500μmである。本素子の発振波長は1.3μmであり、しきい値電流は5mA程度であった。また、多重量子井戸光吸收層22は無バイアス時には1.3μm、1.55μm光双方に対して透明である。一方、逆バイアスを加えることにより1.55μm光に対しては透明であるが、1.3μm光に対して受光感度を有するようになる。逆バイアスを加えたときの量子効率は約70%であった。1.55μm光の透過ロスは1dB

B程度であった。また、多重量子井戸光吸收層22の印加電圧に変調を掛けることにより、直接変調と同様な送信光の変調特性が得られた。したがって、素子のサイズは $500\mu\text{m} \times 500\mu\text{m}$ とコンパクトでかつ低コスト、高効率な光送受信素子を作製することができた。また、構成元素にAlを含んだIn<sub>1-x</sub>Al<sub>x</sub>GaAs系P系の化合物半導体を用いても同様の効果が得られる。

#### 【0023】実施例3

図3は実施例2の半導体発受光素子にモニタ用の受光部を一体化した本発明の一実施例の構造図である。p-InP基板41上有機金属気相成長法により、アンドープInP/InGaAsP多重量子井戸光吸收層42を50周期、n-InP/InGaAsP上部多層反射鏡43を20周期、n-InP上部クラッド層44を0.63μm、歪を加えたInGaAsP層を井戸層とした歪InGaAsP/InGaAsP( $\lambda g=1.15\mu\text{m}$ )多重量子井戸活性層45を2.5周期、p-InP下部クラッド層46を0.63μm、p-InP/InGaAsP下部多層反射鏡47を25周期、順次積層した。ここで、多重量子井戸光吸收層42はInP障壁層を5nm、InGaAsP井戸層5nmで構成され、上部多層反射鏡43および下部多層反射鏡47はInP、InGaAsP( $\lambda g=1.2\mu\text{m}$ )をそれぞれ光学膜厚である104.2nm、96.2nmとした。多重量子井戸活性層45の井戸層は圧縮歪を加えたInGaAsPを5nm、障壁層であるInGaAsP( $\lambda g=1.15\mu\text{m}$ )を10nmとした。エッチングにより上記多層構造にメサ構造を形成し、再び有機金属気相成長法により、電流狭窄構造であるp-InP49、n-InP50、p-InP51の各層を埋込成長した。その後、p-InGaAsP( $\lambda g=1.2\mu\text{m}$ )コンタクト層48で平坦化を行い、アンドープInGaAsP( $\lambda g=1.4\mu\text{m}$ )モニタ光吸收層52、n-InPコンタクト層53を成長した。電極コンタクト形成のためのメサエッティングを行い、SiO<sub>2</sub>54を形成し、真空蒸着によりp型電極55、n型電極56、n型電極57、p型電極58を形成した。最後に、光ファイバ60を固定するための円形の溝を能動層上のp-InP基板41形成し、反射防止膜59を形成した。

【0024】実施例2と同様な特性が得られ、さらにn型電極57、p型電極58に逆バイアスを加えることで送信光をモニタすることができた。

#### 【0025】実施例4

図4は実施例2の半導体発受光素子をSiの電子デバイスで構成された集積回路にハイブリッド実装した本発明の一実施例の構造図である。実施例3の半導体発受光素子61をSi系の電子デバイス62で構成された集積回路基板63にAuSn半田を用いてフリップチップ実装した。その後、光ファイバ64を半導体発受光素子61

の円形溝に固定した。1.3μm双方向光伝送を行った結果、良好な伝送特性が得られた。

#### 【0026】実施例5

図5は実施例2の半導体発受光素子と同一基板上に電子デバイスをモノリシック集積化した本発明の一実施例の上面図である。実施例3の半導体発受光素子71を形成した後に、In<sub>1-x</sub>Al<sub>x</sub>GaAs系の化合物半導体を用いて電子デバイス72をモノリシックに集積化して光電子集積回路73を作製した。電子集積回路部の結晶成長法には分子線エピタキシ法を用いた。1.3μm双方向光伝送を行った結果、良好な伝送特性が得られた。また、1.55μm光の透過ロスは実施例3と同程度であった。

#### 【0027】実施例6

図6は実施例2の半導体発受光素子をマトリックス状に集積化した本発明の一実施例の構造図である。形成方法は実施例3と同様であり、81は半導体発受光素子、82は半導体発受光素子をマトリックス状に集積化した基板である。均一な発光および受光特性が得られ、その特性は実施例3と同様であった。

#### 【0028】

【発明の効果】本発明の面型半導体発受光素子およびその装置を用いれば、コンパクトでしかも低コストな双方向光送受信モジュールを作製することができる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明実施例1の面型半導体発受光素子の断面構造図。

【図2】本発明実施例2の面型半導体発受光素子の断面構造図。

【図3】本発明実施例3の面型半導体発受光素子の断面構造図。

【図4】本発明実施例4のハイブリッド集積双方向光送受信装置の構造図。

【図5】本発明実施例5のモノリシック集積双方向光送受信装置上面図。

【図6】本発明実施例6のマトリックス集積面型半導体発受光素子の構造図。

#### 【符号の説明】

1…p-InP基板、2…n-InP/InGaAsP上部多層反射鏡、3…n-InP上部クラッド層、4…歪InGaAsP/InGaAsP多重量子井戸活性層、5…p-InP下部クラッド層、6…p-InP/InGaAsP下部多層反射鏡、7…p-InGaAsPコンタクト層、8…p-InPブロック層、9…n-InPブロック層、10…p-InPブロック層、11…SiO<sub>2</sub>、12…p型電極、13…n型電極、14…p型電極、15…反射防止膜、16…光ファイバ、21…p-InP基板、22…アンドープInP/InGaAsP多重量子井戸光吸收層、50

9

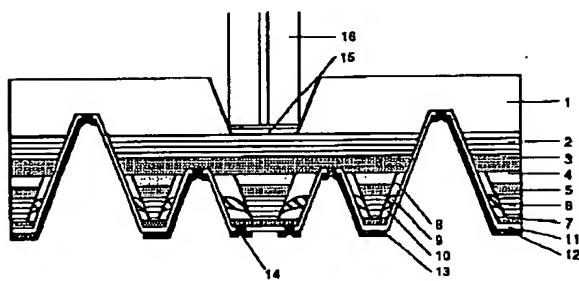
23 . . . n-InP/InGaAsP上部多層反射鏡、24 . . . n-InP上部クラッド層、25 . . . 窒InGaAsP/InGaAsP多重量子井戸活性層、26 . . . p-InP下部クラッド層、27 . . . p-InP/InGaAsP下部多層反射鏡、28 . . . p-InGaAsPコンタクト層、29 . . . p-InPブロック層、30 . . . n-InPブロック層、31 . . . p-InPブロック層、32 . . . SiO<sub>2</sub>、33 . . . p型電極、34 . . . n型電極、35 . . . p型電極、36 . . . 反射防止膜、37 . . . 光ファイバ、41 . . . p-InP基板、42 . . . アンドープInP/InGaAsP多重量子井戸光吸收層、43 . . . n-InP/InGaAsP上部多層反射鏡、44 . . . n-InP上部クラッド層、45 . . . 窒InGaAsP/InGaAsP多重量子井戸活性層、46 . . . \*

10

\* . . . p-InP下部クラッド層、47 . . . p-InP/InGaAsP下部多層反射鏡、48 . . . p-InGaAsPコンタクト層、49 . . . p-InPブロック層、50 . . . n-InPブロック層、51 . . . p-InPブロック層、52 . . . モニタ光吸収層、53 . . . n-InPコンタクト層、54 . . . SiO<sub>2</sub>、55 . . . p型電極、56 . . . n型電極、57 . . . n型電極、58 . . . p型電極、59 . . . 反射防止膜、60 . . . 光ファイバ、61 . . . 実施例2の半導体発受光素子、62 . . . Si系の電子デバイス、63 . . . 集積回路基板、64 . . . 光ファイバ、71 . . . 実施例2の半導体発受光素子、72 . . . In<sub>1-x</sub>G<sub>x</sub>As系電子デバイス、73 . . . 光電子集積回路、81 . . . 半導体発受光素子、82 . . . 4×4半導体発受光素子集積化基板。

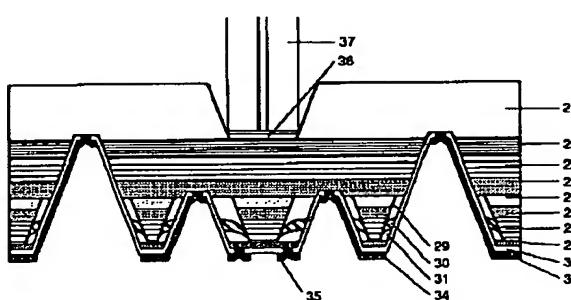
【図1】

図1



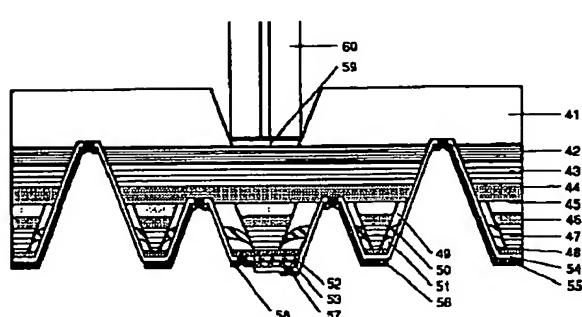
【図2】

図2



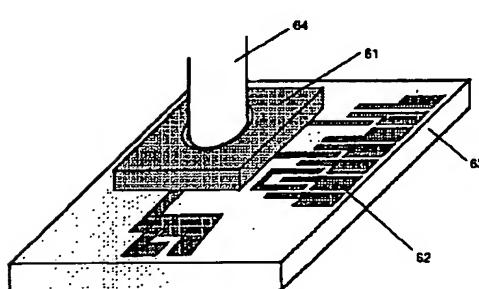
【図3】

図3



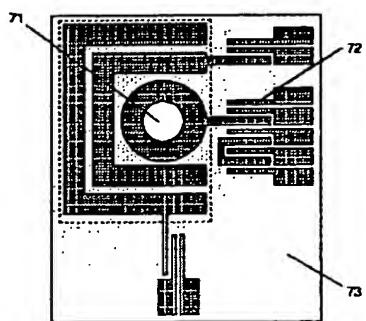
【図4】

図4



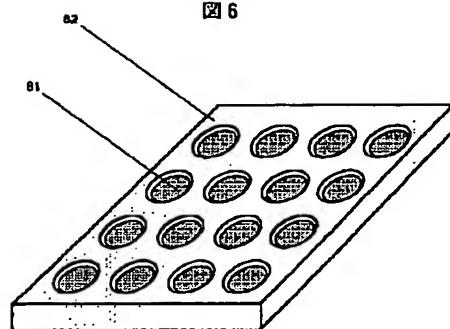
【図5】

図5



【図6】

図6



フロントページの続き

(72)発明者 花谷 昌一

東京都国分寺市東恋ヶ窪1丁目280番地  
株式会社日立製作所中央研究所内

(72)発明者 田中 滋久

東京都国分寺市東恋ヶ窪1丁目280番地  
株式会社日立製作所中央研究所内